

## P-20

# ALAT PENJERNIH MINYAK GORENG DAN PEMBUATAN BIODISEL OTOMATIS MENGGUNAKAN METODE K-MEANS BERBASIS ARDUINO MEGA 2560

## COOKING OILEXTRACTION AND MAKING OF AUTOMATIC BIODISEL TOOLS USING K-MEANS METHOD BASED ON ARDUINO MEGA 2560

Andi Sri Irtawaty<sup>1\*</sup>, Maria Ulfah<sup>2</sup><sup>1,2</sup>Politeknik Negeri Balikpapan, Jalan Soekarno Hatta Km8, Balikpapan\*E-mail: [andi.sri@poltekba.ac.id](mailto:andi.sri@poltekba.ac.id)

Diterima 01-10-2018	Diperbaiki 22-11-2018	Disetujui 18-12-2018
---------------------	-----------------------	----------------------

### ABSTRAK

Minyak goreng yang telah digunakan menggoreng berkali-kali akan terlihat berwarna hitam dan mengandung senyawa karsinogenik, dan kandungan lemak tidak jenuh serta vitamin a, d, e serta k yang ada di minyak makin lama dapat makin menyusut. serta yang tersisa tinggal asam lemak jenuh yang bisa mengakibatkan penyakit layaknya jantung coroner, stroke dan kanker, karena bersifat karsinogenik. Sistem penjernih minyak goreng goreng dan pembuatan biodiesel otomatis menggunakan metode K-Means berbasis Arduino Mega 2560 dengan menggunakan software program arduino yang mirip dengan bahasa pemrograman C. Tujuan akhir dari penelitian ini adalah menghindari penyakit berbahaya akibat senyawa karsinogenik, menghemat belanja bagi ibu-ibu rumah tangga, dan mengurangi limbah minyak jelantah yang dapat mencemari lingkungan. Prosentase keakuratan hasil uji coba dari penelitian ini sebesar 95%. Khusus alat penjernih minyak, pengendapan selama 24 jam menghasilkan penurunan kadar peroksida dan FFA yang maksimal sesuai standar SNI yaitu 1.25 dan 0.1119. Sedangkan untuk alat pembuatan biodiesel, pengendapan selama 24 jam menghasilkan biodiesel yang dapat menggerakkan mesin pompa air bermesin diesel.

**Kata Kunci:** minyak jelantah, peroksida, FFA, biodiesel, arduin, k-means

### ABSTRACT

*Cooking oil that has been used to fry many times will look black and contain carcinogenic compounds, and the content of unsaturated fats and vitamins a, d, e and k that exist in the oil the longer it can shrink. And maining live saturated fatty acids which can cause disease like a coronary heart, stroke and cancer, because it is carcinogenic. Frying cooking oil and biodiesel automatic feeding tools using Arduino Mega 2560 K-Means method using arduino program software similar to C programming language. The final goal of the research is to avoid harmful diseases caused by carcinogenic compounds, save on housewives, and reduce waste of cooking oil that can pollute the environment. The percentage of accuracy of the results of trials from this research was 95%. Especially for the oil purification tool, deposition for 24 hours results in a maximum reduction in peroxide and FFA levels according to SNI standards, namely 1.25 and 0.1119. As for the biodiesel manufacturing tool, deposition for 24 hours produces biodiesel that can drive the engine of a diesel engine water pump.*

**Keywords:** used cooking oil, peroxide, FFA, biodiesel, arduin, k-means

### PENDAHULUAN

Minyak goreng adalah lemak yang digunakan untuk medium penggoreng. Secara umum, di pasaran ditawarkan dua macam minyak goreng: minyak goreng nabati yang berasal dari tanaman dan hewani berasal dari hewan. Saat ini yang paling umum digunakan di Indonesia, adalah minyak yang berasal dari nabati [3]. Begitu banyak jenis minyak yang

beredar di pasaran saat ini. Di antaranya minyak bermerek, minyak kelapa sawit, minyak curah dan lain-lain. Dari segi kandungan, minyak curah mengandung kadar lemak dan asam oleat yang lebih tinggi dibandingkan dengan minyak kemasan [4].

Minyak goreng yang telah digunakan berkali-kali akan menimbulkan warna yang makin gelap dan bau tengik. Hal ini

disebabkan oleh asam lemak tidak jenuh yang teroksidasi menghasilkan senyawa peroksidasi FFA pada minyak goreng yang bersifat karsinogenik, yaitu zat yang dapat memicu penyakit kanker [5].

Oleh karena itu, disarankan agar minyak goreng yang telah digunakan 2 – 3 kali, maka sebaiknya didaur ulang dengan cara mencampurkan bubuk arang kayu aktif ke dalam minyak goreng bekas lalu didiamkan selama 24 jam. Ini adalah solusi tepat untuk menurunkan kadar peroksida dan FFA pada minyak goreng bekas hingga normal sesuai standar SNI 7709 : 2012. Khusus untuk minyak goreng bekas yang sudah coklat kehitaman dan berbau tengik, sebaiknya didaur ulang menjadi biodiesel [6].

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini terdiri atas :

1. Bagaimana merancang alat penjernih minyak goreng bekas.
2. Bagaimana merancang alat pembuatan biodiesel dari proses daur ulang minyak jelantah.

Oleh karena itu, maka tujuan akhir penelitian ini adalah :

1. Merancang alat penjernih minyak goreng bekas yang dapat menormalkan kadar peroksida dan FFA pada minyak goreng bekas sesuai standar SNI 7709 : 2012
2. Merancang alat pembuatan biodiesel dari proses daur ulang minyak jelantah.

Minyak goreng adalah lemak yang digunakan untuk medium penggoreng. Secara umum, di pasaran ditawarkan dua macam minyak goreng: minyak goreng nabati yang berasal dari tanaman dan hewani berasal dari hewan. Saat ini yang paling umum digunakan di Indonesia, adalah minyak yang berasal dari nabati [3].

Minyak jelantah adalah minyak goreng yang telah digunakan berulang kali menggoreng sehingga warnanya menjadi coklat kehitaman. Minyak jelantah mengandung senyawa peroksida dan FFA (*Free Fatty Acid*) yang tinggi. Menurut pakar kesehatan, jika kadar peroksida dan FFA pada minyak goreng sudah melampaui batas ambang normal yang disarankan, maka minyak goreng tersebut akan bersifat karsinogenik dan dapat memicu berbagai penyakit berbahaya, seperti jantung koroner dan kanker [7].

Pada penelitian ini, telah dirancang teknologi baru berupa alat otomatis berbasis arduino mega 2560 yang dapat menjernihkan

minyak goreng bekas dan menormalkan kadar peroksida dan ffa yang terkandung didalamnya sesuai standar SNI 7709 : 2012, dan dapat mendaur ulang minyak jelantah menjadi biodiesel yang dapat menggerakkan mesin pompa air bermesin diesel.

Alat otomatis yang akan dirancang terdiri atas komponen utama yaitu : Arduino mega 2560 yang berfungsi mengontrol semua sistem, sensor warna TCS3200 yang berfungsi mendeteksi warna minyak goreng bekas lalu menentukan solenoid mana yang akan terbuka untuk proses pengolahan minyak goreng bekas, LCD yang berfungsi menampilkan proses kerja alat, pompa DC yang berfungsi mengisap minyak dan diteruskan ke solenoid, solenoid valve yang berfungsi sebagai kran pembuka/penutup otomatis, sensor ultrasonic HC-SR04 yang berfungsi mendeteksi ketinggian level minyak, dan motor DC 300 rpm yang berfungsi menggerakkan pengaduk secara otomatis.

Hasil output dari alat tersebut akan dianalisa dengan metode K-Means, dengan parameter sebagai berikut :

1. Kadar peroksida dan FFA pada minyak goreng yang telah dijernihkan akan bernilai normal (sesuai standar SNI 7709 : 2012) pada proses pengendapan 24 jam.
2. Biodiesel dengan kualitas terbaik diperoleh pada proses pengendapan 24 jam dengan 3 kali pencucian dengan air.

## METODOLOGI

Penelitian dilakukan di Laboratorium Elektronika Politeknik Negeri Balikpapan, dan di Laboratorium Balai Riset dan Standarisasi Industri Samarinda (Baristand Industri Samarinda).



Gambar 1. Laboratorium Baristand Industri Samarinda

Sampel minyak goreng jernih sebagai produk akhir dari alat Sistem daur ulang telah melalui proses uji kadar FFA dan peroksida di laboratorium Baristand Industri Samarinda

Tahapan dalam penelitian ini meliputi :

### 1) Tahapan I (Persiapan)

Tahap ini meliputi studi literature dari permasalahan yang dikemukakan serta persiapan alat dan bahan. Studi literature dapat diperoleh dari buku, jurnal, artikel laporan penelitian dan situs internet. Persiapan alat dan bahan berupa *Arduino Mega 2560*, *LCD*, sensor warna *TCS3200*, *solenoid valve*, pompa DC, sensor *ultrasonic* dan motor DC rpm.

### 2) Tahapan II (Perancangan Alat)

Perancangan alat ini terdiri atas 2 bagian yaitu : alat penjernih minyak goreng bekas dan alat pembuatan biodiesel. Prinsip kerja alat berdasarkan pendeteksian sensor warna terhadap warna minyak goreng bekas. Jika warna minyak goreng keruh kuning kecoklatan, maka alat penjernih minyak yang akan bekerja. Sedangkan jika warna minyak goreng bekas telah coklat kehitaman atau dikenal dengan istilah minyak jelantah, maka alat pembuatan biodiesel yang akan bekerja.

### 3) Tahapan III (Pengujian Alat)

Tahap ini adalah tahap pengujian, dimana alat yang dirancang tersebut akan diuji sesuai spesifikasi yang diinginkan. Penerapan metode Fuzzy Logic dilakukan untuk menentukan perlakuan Sistem daur ulang terhadap minyak goreng bekas / minyak jelantah berdasarkan tampilan warna minyak. Ada 2 produk akhir yang akan diuji kualitasnya. Pengujian pertama yaitu mengukur parameter keluaran Sistem daur ulang penjernih minyak goreng bekas, dengan parameter uji peroksida dan FFA.

Pengujian dilakukan di laboratorium Balai Riset dan Standarisasi Industri Samarinda (membandingkan kadar peroksida dan FFA untuk pengendapan 12 jam dan 24 jam). Pengujian kedua yaitu menguji kemampuan biodiesel sebagai pengganti bahan bakar (membandingkan biodiesel untuk pengendapan 12 jam dan 24 jam).



Gambar 2. Alat penjernih minyak goreng dan alat pembuatan biodiesel

### 4) Tahapan IV (Analisa dan Pembahasan)

Analisa dari kualitas output alat penjernih minyak dan pembuatan biodiesel menggunakan metode K-Means. Adapun langkah-langkah analisa hasil berdasarkan metode K-Means adalah sebagai berikut :

- Tentukan jumlah cluster,
- Inisialisasi  $k$  sebagai pusat cluster (beri nilai-nilai random),
- Alokasikan setiap data atau obyek ke cluster terdekat, Kedekatan dua obyek ditentukan berdasarkan jarak antar kedua objek tersebut. Jarak paling dekat antara satu data dengan satu cluster tertentu akan menentukan suatu data masuk ke dalam cluster yang mana.
- Hitung kembali pusat cluster dengan anggota cluster yang sekarang.
- Menugaskan lagi setiap objek menggunakan pusat cluster yang baru. Jika pusat cluster sudah tidak berubah lagi (konvergen), maka proses pengclusteran selesai.
- Apabila perubahan nilai centroid masih di atas nilai threshold yang ditentukan, atau apabila perubahan pada nilai *objective function* masih di atas nilai threshold yang ditentukan, maka kembali ke langkah c. Untuk menghitung nilai centroid cluster ke- $i$ ,  $v_i$ , digunakan rumus sebagai berikut :

$$v_{i,j} = \frac{\sum_{k=1}^{N_i} x_{kj}}{N_i} \quad (1)$$

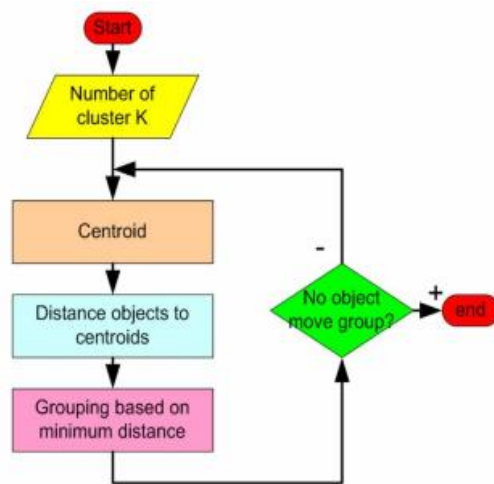
Keterangan :

$v_{i,j}$  = nilai centroid

$x_{k,j}$  = koordinat objek

$N_i$  = banyaknya dimensi

Diagram alir atau flowchart uji kualitas output akhir berdasarkan metode K-Means sesuai penjelasan di atas disajikan pada gambar 3.



Gambar 3. Flowchart K-Means Clustering

### 5) Tahapan V (Kesimpulan)

Berdasarkan analisa dan pembahasan, ternyata metode K-means dapat mengelompokkan produk akhir Sistem penjernih minyak goreng bekas berdasarkan nilai parameter peroksida dan FFA dan alat pembuatan biodiesel berdasarkan parameter kemampuan membakar material dan menggerakkan mesin diesel. Tolok ukur kualitas akhir melalui perbandingan waktu pengendapan dan jumlah n kali proses pencucian.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Alat Penjernihan Minyak Goreng Bekas

Pada alat penjernihan minyak goreng bekas, parameter utama yang menjadi tolok ukur adalah peroksida dan FFA. Dengan mengimplementasikan uji metode K-Means, maka 10 sampel data minyak goreng hasil penjernihan terbagi atas 4 cluster yaitu:

- 1) Cluster minyak kemasan
- 2) Cluster minyak penjernihan 0 jam
- 3) Cluster minyak penjernihan 12 jam
- 4) Cluster minyak penjernihan 24 jam

Tujuan pengclusteran adalah untuk membedakan antara minyak goreng kemasan dengan minyak goreng hasil daur ulang. Adapun data-data hasil pengclusteran menggunakan metode K-means akan diuraikan secara detail mulai tabel 1 sampai tabel 7. Sebagai langkah awal adalah proses mengalokasikan data atau obyek ke cluster terdekat. Data-data sampel ditampilkan pada tabel 1.

Tabel 1. Menentukan nilai k dan alokasi data kecluster terdekat

Cluster	Kategori	Peroksida	FFA
1	Minyak kemasan	1	0.1
2	Minyak penjernihan 0 jam	1.6	0.15
3	Minyak penjernihan 12 jam	1.54	0.14
4	Minyak penjernihan 24 jam	1.25	0.11

Dilanjutkan dengan proses penghitungan pusat cluster (*centroid*) berdasarkan 10 sampel data yang ada (tabel 2 dan tabel 3). Selanjutnya ulangi perhitungan setiap obyek memakai pusat cluster (*centroid*) yang baru. Jika pusat cluster sudah konvergen (tidak berubah lagi nilainya) maka data akan tersaji seperti pada tabel 6.

Tabel 2. Perhitungan awal centroid-1

Iterasi 1		Iterasi 2		Iterasi 3	
Peroksida	FFA	Peroksida	FFA	Peroksida	FFA
1.06	0.12	1.14	0.12	1.15	0.12
1.59	0.15	1.58	0.20	1.56	0.19
1.50	0.23	1.51	0.18	1.53	0.19
1.22	0.14	1.22	0.14	1.28	0.14

Tabel 3. Perhitungan awal centroid-2

Iterasi 4		Iterasi 5	
Peroksida	FFA	Peroksida	FFA
1.13	0.13	1.14	0.14
0.53	0.19	1.51	0.18
1.51	0.18	1.51	0.18
1.22	0.14	1.22	0.14

Tabel 4. Perhitungan akhir iterasi-1

Data	Peroksida	FFA	Iterasi-1			
			r1	r2	r3	r4
1	1.20	0.15	0.21	0.40	0.34	0.06
2	1.35	0.13	0.35	0.25	0.19	0.10
3	1.45	0.22	0.47	0.17	0.12	0.23
4	1.55	0.24	0.57	0.10	0.10	0.33
5	1.24	0.13	0.24	0.36	0.30	0.02
6	1.61	0.16	0.61	0.01	0.07	1.62
7	1.57	0.13	0.57	0.04	0.03	0.32
8	1.05	0.11	0.05	0.55	0.49	0.20
9	1.07	0.12	0.07	0.53	0.47	0.18
10	1.23	0.12	0.23	0.37	0.31	0.02

Tabel 5. Perhitungan akhir iterasi 2 dan 3

Iterasi-2				Iterasi-3			
r1	r2	r3	r4	r1	r2	r3	r4
0.14	0.39	0.31	0.02	0.07	0.38	0.31	0.02
0.29	0.24	0.18	0.13	0.21	0.24	0.17	0.14
0.40	0.16	0.05	0.24	0.33	0.13	0.08	0.25
0.51	0.10	0.05	0.35	0.43	0.05	0.08	0.35
0.18	0.35	0.28	0.02	0.10	0.35	0.27	0.03
0.55	0.03	0.13	0.39	0.47	0.05	0.10	0.40
0.51	0.03	0.12	0.35	0.43	0.07	0.08	0.36
0.01	0.54	0.47	0.80	0.09	0.54	0.47	0.17
0.01	0.52	0.44	0.15	0.07	0.52	0.44	0.15
0.17	0.36	0.29	0.02	0.09	0.36	0.29	0.02

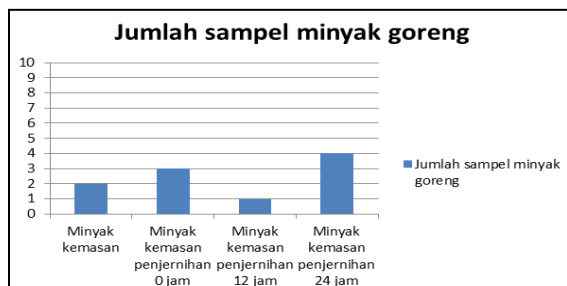
Tabel 6. Perhitungan akhir iterasi 4 dan 5

Iterasi-4				Iterasi-5			
r1	r2	r3	r4	r1	r2	r3	r4
0.06	0.36	0.33	0.08	0.08	0.33	0.31	0.02
0.20	0.22	0.19	0.08	0.23	0.19	0.17	0.13
0.32	0.12	0.09	0.19	0.34	0.09	0.08	0.24
0.42	0.06	0.05	0.29	0.44	0.05	0.08	0.35
0.09	0.33	0.30	0.04	0.12	1.25	0.27	0.02
0.46	0.06	0.09	0.34	0.49	0.09	0.10	0.39
0.42	0.06	0.07	0.30	0.45	0.08	0.08	0.35
0.10	0.52	0.49	0.23	0.08	0.47	0.47	0.17
0.08	0.49	0.47	0.21	0.06	0.44	0.44	0.15
0.08	0.34	0.31	0.05	0.11	0.29	0.29	0.02

Tabel 7. Hasil Pengclustering

Data	Cluster	Keterangan
Data 1	C4	Minyak penjernihan 24 jam
Data 2	C4	Minyak penjernihan 24 jam
Data 3	C3	Minyak penjernihan 12 jam
Data 4	C2	Minyak penjernihan 0 jam
Data 5	C4	Minyak penjernihan 24 jam
Data 6	C2	Minyak penjernihan 0 jam
Data 7	C2	Minyak penjernihan 0 jam
Data 8	C1	Minyak kemasan
Data 9	C1	Minyak kemasan
Data 10	C4	Minyak penjernihan 24 jam

Data-data tersebut akan ditampilkan secara grafik sesuai gambar 4.



Gambar 4. Jumlah sampel minyak goreng hasil pengclustering

Dari 10 sampel data yang dicluster, ternyata 2 sampel termasuk C1 (cluster minyak kemasan), 3 sampel termasuk C2 (cluster minyak penjernihan 0 jam), 1 sampel C3 (cluster minyak penjernihan 12 jam) dan 4 sampel C4 (cluster minyak penjernihan 24 jam).

## B. Sistem Pembuatan Biodisel

Pada alat pembuatan biodisel, parameter utama yang menjadi tolok ukur adalah densitas, viskositas dan titik kilat. Dengan pengujian menggunakan metode K-Means, diperoleh data seperti yang disajikan pada tabel 8 sampai 14. Pengclusteran terbagi 3 yaitu:

- 1) Biodisel pengendapan 0 jam

- 2) Biodisel pengendapan 12 jam
- 3) Biodisel pengendapan 24 jam

Selanjutnya mengalokasikan data atau obyek ke cluster terdekat, ditampilkan pada tabel 8.

Tabel 8. Menentukan nilai k dan alokasi data ke cluster terdekat

No.	Kategori	Densitas ( $\rho$ ) (kg/m <sup>3</sup> )	Viskositas ( $\eta$ ) (cSt)	Titik kilat ( $^{\circ}$ C)
1	Biodisel pengendapan 0 jam	840	1.5	80
2	Biodisel pengendapan 12 jam	850	2.0	90
3	Biodisel pengendapan 24 jam	860	2.5	100

Selanjutnya perhitungan nilai centroid, hasilnya disajikan pada tabel 9 sampai tabel 12.

Tabel 9. Perhitungan awal centroid

Iterasi-1			Iterasi-2			Iterasi-3		
$\rho$	$\eta$		$\rho$	$\eta$		$\rho$	$\eta$	
841	1.6	82.3	844	2.0		845	1.8	86
851	2.1	92.3	848	2.3		854	2.3	96
861	2.6	102.3	861	2.7		862	2.7	104

Tabel 10. Perhitungan akhir centroid-1

Data	$\rho$	$\eta$	$^{\circ}$ C	Iterasi 1		
				r1	r2	r3
1	840	1.5	81	1.0	13.5	27.6
2	841	1.6	82	2.2	12.1	26.2
3	860	2.6	101	29.0	14.9	1.0
4	861	2.6	102	30.4	16.3	2.2
5	862	2.7	104	32.6	18.5	4.5
6	842	1.7	84	4.5	10.0	24.1
7	850	2.1	91	14.9	1.0	13.5
8	851	2.1	92	16.3	2.2	12.1
9	863	2.8	106	34.7	20.6	6.7
10	852	2.2	94	18.5	4.5	10.0

Tabel 11. Perhitungan akhir centroid-2

Iterasi 2			Iterasi 3		
r1	r2	r3	r1	r2	r3
1.0	13.5	27.6	1.7	15.8	30.0
2.2	12.1	26.2	0.3	14.4	28.5
29.0	14.9	1.0	26.7	12.5	1.7
30.4	16.3	2.2	28.1	13.9	0.3
32.6	18.5	4.5	30.2	16.0	2.0
4.5	10.0	24.1	2.0	12.3	26.4
14.9	1.0	13.5	12.5	1.7	15.8
16.3	2.2	12.1	13.9	0.3	14.4
34.7	20.6	6.7	32.3	18.2	4.2
18.5	4.5	10.0	16.1	1.9	12.3



Tabel 12. Perhitungan akhir centroid-3

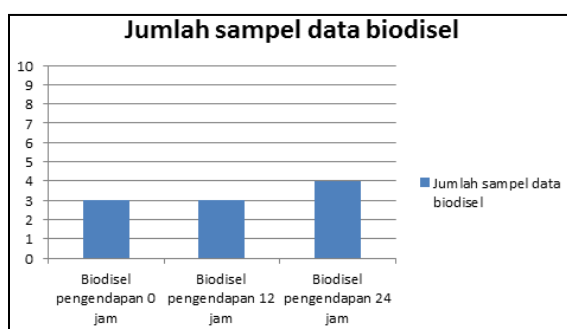
Iterasi 4		
r1	r2	r3
6.8	20.5	31.9
5.4	855	30.4
21.5	7.8	3.6
22.9	9.2	2.2
25.0	11.3	0
3.3	17	28.3
7.3	6.4	17.7
8.7	5.0	16.3
27.2	13.5	2.2
10.9	2.9	14.2

Langkah terakhir adalah penclustering (tabel 13)

Tabel 13. Hasil Pengclustering

Data	Cluster	Keterangan
Data 1	C1	Biodisel pengendapan 0 jam
Data 2	C1	Biodisel pengendapan 0 jam
Data 3	C3	Biodisel pengendapan 24 jam
Data 4	C3	Biodisel pengendapan 24 jam
Data 5	C3	Biodisel pengendapan 24 jam
Data 6	C1	Biodisel pengendapan 0 jam
Data 7	C2	Biodisel pengendapan 12 jam
Data 8	C2	Biodisel pengendapan 12 jam
Data 9	C3	Biodisel pengendapan 24 jam
Data 10	C2	Biodisel pengendapan 12 jam

Data-data tersebut akan ditampilkan secara grafik sesuai gambar 5.



Gambar 5. Jumlah sampel data biodisel hasil pengclustering

Berdasarkan sampel C1 (cluster biodisel pengendapan 0 jam), 3 sampel C2 (cluster biodisel pengendapan 12 jam) dan 4 sampel C3 (cluster biodisel pengendapan 24 jam).

## KESIMPULAN

Metode k-means cukup akurat dalam mengelompokkan data-data output alat penjernih minyak goreng bekas dan alat pembuatan biodieseldari minyak jelantah. Pada alat penjernih minyak goreng bekas, terdapat 10 sampel data yang dicluster, ternyata 2 sampel data termasuk C1 (cluster minyak kemasan), 3 sampel data termasuk C2 (cluster minyak penjernihan 0 jam), 1 sampel data termasuk C3 (cluster minyak penjernihan 12 jam) dan 4 sampel data termasuk C4 (cluster minyak penjernihan 24 jam).

Sedangkan pada alat pembuatan biodiesel, terdapat 3 sampel C1 (cluster biodisel pengendapan 0 jam), 3 sampel C2 (cluster biodisel pengendapan 12 jam) dan 4 sampel C3 (cluster biodisel pengendapan 24 jam).

## SARAN

Untuk penelitian selanjutnya, kombinasi metode K-means dan metode Fuzzy Logic akan meningkatkan akurasi dalam membedakan produk output antara alat penjernih minyak goreng bekas dan alat pembuatan biodisel

## UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak terkait, terutama P3M Politeknik Negeri Balikpapan, Laboratorium Jurusan Teknik Elektronika Politeknik Negeri Balikpapan dan Laboratorium Balai Riset dan Standarisasi Industri Samarinda, sehingga artikel ilmiah ini dapat terselesaikan dengan sebaik-baiknya berdasarkan hasil uji coba alat Sistem daur ulang minyak goreng bekas berbasis metode K-Means.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Setiawan, "Rancang Bangun Alat Pembuka dan Penutup Tong Sampah Otomatis Berbasis Mikrokontroler," *Jurteks*, vol. 1, no. 1, pp. 55–62, 2014.
- [2] Citra, "Jenis-jenis minyak," [1] Citra, "Jenis-jenis minyak," 2007. [Online]. Available: <http://citra.wordpress.com/2009/05/09/kerusakan-minyak-goreng/>, 2007. [Online]. Available: <http://citra.wordpress.com/2009/05/09/kerusakan-minyak-goreng/>.
- [3] Perkins, "Formation of Volatile Decomposition on Production in Heated Fats and Oils," *J. Food Technol.*, vol. 21, no. 4, pp. 125–130, 1967.

- [4] H. Wijayanti, "Pemanfaatan Arang Aktif Dari Serbuk Gergaji Kayu Ulin Untuk Meningkatkan Kualitas Minyak Goreng Bekas," vol. 1, no. 1, 2012.
- [5] Ketaren, Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan. Universitas Indonesia, 1986.
- [6] A. S. Irtawaty, "Klasifikasi Penyakit Ginjal dengan Metode K-Means," *J. Teknol. Terpadu*, vol. 5, no. 1, 2017.